

# UTILIZACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA REEMPLAZAR ENERGÍA ELÉCTRICA, ACTUALIZACIÓN DE LA AMORTIZACIÓN EN LA INVERSIÓN, APLICACIÓN A UN CASO REAL

J. Salerno, P. Bertinat, E. Marino, J Chemes, M Barone, I Arraña

Observatorio de Energía y Sustentabilidad (O.E.S.)

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario. Zeballos 1341 (2000) Rosario

Tel 0341-4481871 – [juansalerno63@hotmail.com](mailto:juansalerno63@hotmail.com)

**RESÚMEN:** En el presente trabajo, basado parcialmente en la experiencia de desarrollos anteriores, se calculan cuales son las condiciones de inversión y amortización de un colector solar que provea de agua caliente de uso sanitario a una familia tipo, considerando el reemplazo de la misma función efectuada mediante calefones eléctricos.

Dado que se pretende aplicar el cálculo a un caso real, evaluamos las condiciones existentes en la experiencia que se lleva a cabo en Villa Ocampo, en el norte de Santa Fe.

Por ello se realiza el cálculo utilizando los cuadros tarifarios de la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe y las condiciones climáticas y de irradiación presentes en la región.

Se establece que -en las condiciones dadas- la amortización del calefón solar se encuentra en alrededor de cuatro años.

**Palabras Clave:** colector solar, energía eléctrica, ahorro, amortización.

## INTRODUCCIÓN:

Ubicaremos nuestro cálculo en la provincia de Santa Fe, donde más de 250 localidades no cuentan con redes de gas natural. Esto representa aproximadamente más de 170.000 hogares, más de 600.000 habitantes. Los fines energéticos de calefacción y cocción de alimentos se cubren entonces con gas envasado, leña, energía eléctrica. En menor medida con combustibles líquidos como gasoil, kerosene. Particularmente nos enfocaremos al uso de energía eléctrica para calentar agua de uso sanitario. El uso de este recurso genera para los hogares un incremento importante de sus gastos en energía. Si bien existe un subsidio del estado nacional para reducir este gasto familiar, éste se otorga en función del consumo, como una forma de privilegiar a los hogares de menores recursos, entendiéndose que a mayor consumo, mayor nivel económico. Y aunque este criterio es razonable, ocurre que existe una cantidad de energía eléctrica que la familia *necesitará* consumir, sin que esto pueda llamarse suntuario. Dado el cuadro tarifario de la EPE S.F. y la distribución de los subsidios, este inevitable consumo elevará el costo energético pagado, por estos dos ítems.

La razón de la ubicación geográfica elegida para el cálculo es realizar una evaluación asociada a una iniciativa conjunta de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Santa Fe; los ministerios de Educación y Producción; de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente, la Municipalidad de Villa Ocampo y la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario, que forma parte de un programa de apoyo para la instalación de calefones solares en pueblos o comunas de cada una de las cinco regiones de la provincia, que no cuentan con gas natural.

Para este caso calcularemos la instalación necesaria que reemplace –en un porcentaje conveniente- el uso de energía eléctrica, y estimaremos el ahorro producido y los plazos de amortización que correspondan.

Teniendo en cuenta las necesidades de una familia tipo, que habita en la localidad elegida para el ejemplo, considerando su latitud, se calcularán los presupuestos energéticos para calentar agua de uso sanitario. Luego se procederá a dimensionar la instalación de colectores que pueda cubrir dichas necesidades.

Con estas dimensiones se efectuará una consulta a diversos proveedores de equipos a fin de contar con costos actualizados de equipos e instalaciones.

A continuación se calculará el ahorro de energía –eléctrica- que se logra mediante la utilización del colector, para todos los meses del año. La instalación recomendada –la más conveniente según una combinación de inversión y beneficio- cubre diferentes porcentajes de energía en invierno y en verano.

De este modo, se generarán valores de energía consumidos a lo largo de los diferentes meses del año, y se calculará el costo teórico en pesos que pagarían las familias, respectivamente sin y con ahorro, llegándose a un ahorro global, en todo el año. Esto se efectuará utilizando los correspondientes cuadros tarifarios vigentes en cada mes, que contienen los cargos fijos y variables de aplicación, que utiliza la empresa distribuidora de energía eléctrica.

## METODOLOGÍA:

### CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN NECESARIA Y EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA:

Como ya fue dicho se tomará como ejemplo en este cálculo la ciudad de Villa Ocampo, Santa Fe, latitud 28° 28'.

Para este cálculo se han consultado los mapas de irradiación solar (Grossi Gallegos, 2002), (Raichijk C., Grossi Gallegos H. y Righini R., 2008), (Grossi Gallegos, Righini, 2007).

También se han tenido en cuenta trabajos anteriores (Salerno J., Bertinat P., Marino E., Pifferetti A., Giordani C., 2009), cuya metodología se ha probado en el cálculo del equipos similares, reemplazando en aquel caso el uso de gas natural.

Se estima para una familia tipo, de cuatro integrantes, unos 200 litros de agua caliente por día, 50 por persona, a una temperatura de 42° C.

Para calentar un litro de agua, se requieren 4,2 kJ por cada grado centígrado. La temperatura media del agua fría en invierno es de 12° C. (Al adoptar esta temperatura nos ubicamos en la condición más desfavorable, que nos asegura que el dimensionamiento funcione todo el año). Por lo tanto el salto térmico a lograr será de:

$$42-12= 30^{\circ}\text{C}. \quad (1)$$

De esta manera la energía diaria requerida será:

$$Q= 50 \text{ (litros/día-persona)} \times 4 \text{ (personas)} \times 4,2 \text{ (kJ/litro }^{\circ}\text{C)} \times (42 -12)(^{\circ}\text{C})= 26.880 \text{ kJ/día} = 26,9 \text{ MJ/día} \quad (2)$$

De los mapas solares utilizados, puede estimarse que para la latitud de Villa Ocampo, un colector solar en su ubicación a 45° respecto de la horizontal recibe en promedio unos 18 MJ/m<sup>2</sup> desde setiembre hasta abril, y tomando un rendimiento de 47% (corresponde a los mejores equipos) puede entregar al agua 8,5 MJ/m<sup>2</sup>.

Entonces,

$$Q= 26,9 \text{ MJ/día}= 8,5 \text{ MJ/m}^2 \times \text{Área del colector (m}^2\text{)} \quad (3)$$

Se estima el área en alrededor de 3 m<sup>2</sup>

Así mismo se adopta para la instalación un tanque térmico de 200 litros.

En función de estos datos se han consultado diversos proveedores locales y nacionales para tener un costo actualizado de un sistema que pueda cumplir con las necesidades indicadas para una familia. En base a esta consulta se ha seleccionado -teniendo en cuenta costo y prestaciones- al equipo ofrecido por INNOVAR SRL, que se compone de un colector de 2,5 m<sup>2</sup> y tanque de 266 litros y tiene un costo de \$ 6300, cotización de fecha 15/7/2011.

Si agregamos el costo de su instalación, podríamos estimar unos \$6700. Tomaremos este valor como la inversión que debe hacerse y calcularemos en base a ello la amortización correspondiente.

Según indicaciones del proveedor, con este equipo podemos obtener la energía para calentar toda el agua necesaria para una familia en los bimestres de setiembre-octubre, noviembre-diciembre, enero-febrero, marzo-abril, es decir logramos un 100% de ahorro en la energía usada para calentar agua en esos periodos, denominados por las empresas distribuidoras como bimestres 1, 2, 5 y 6, respectivamente.

Por otra parte, para los bimestres de mayo-junio y julio-agosto, dado que la radiación solar en esos periodos es menor, debe considerarse que se obtendrán unos 120 litros de agua por día, que representa un 60% del total requerido.

Estos porcentajes resultan adecuados, logrando un buen compromiso entre la inversión a efectuar y el beneficio económico. Si calculáramos para lograr cubrir el 100% en invierno, en el verano existiría una gran capacidad desaprovechada.

La otra parte del cálculo es estimar que cantidad de energía eléctrica estamos reemplazando, la que se utiliza para la misma función, en nuestro caso, al reemplazar un calefón eléctrico.

Estimando una eficiencia del calefón de un 80 % (IDAE 2006) es decir, de la energía eléctrica que consume, logra transferir un 80% al agua:

$$Q_{\text{necesario}}= 26,9 \text{ MJ/día} = 7,47 \text{ kWh/día} \quad (4)$$

$$\text{Energía Eléctrica necesaria} = 7,47/0,8= 9,33 \text{ kWh/ día} \quad (5)$$

Mes	Energía eléctrica necesaria		Porcentaje de ahorro de energía	Energía ahorrada (kWh)
	kWh/día x días de cada mes	kWh		
Enero	9,33 x 31	289,23	100%	289,23
Febrero	9,33 x 28	261,24	100%	261,24
Marzo	9,33 x 31	289,23	100%	289,23
Abril	9,33 x 30	279,9	100%	279,9
Mayo	9,33 x 31	289,23	60%	173,538
Junio	9,33 x 30	279,9	60%	167,94
Julio	9,33 x 31	289,23	60%	173,538
Agosto	9,33 x 31	289,23	60%	173,538
Setiembre	9,33 x 30	279,9	100%	279,9
Octubre	9,33 x 31	289,23	100%	289,23
Noviembre	9,33 x 30	279,9	100%	279,9
Diciembre	9,33 x 31	289,23	100%	289,23
Totales		3405,45		2946,414

Tabla 2 – Cálculo del ahorro de energía eléctrica para cada mes y para todo el año

## AFECTACIÓN AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA SEGÚN EL CUADRO TARIFARIO

En este punto se calculará como incide este ahorro en el consumo energético familiar, teniendo a la vista el cuadro tarifario de la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe vigente a Julio de 2011.

Nos interesa particularmente evaluar cuál es el impacto sobre lo que se paga por la energía, poniendo el foco no sólo en el ahorro lineal, sino observando las singularidades que se presentan ya que en algunos casos por el ahorro efectuado el usuario pasará a revistar en una categoría tarifaria diferente e inferior en el costo.

Se utilizarán en el cálculo los valores correspondientes a la tarifa 1, uso residencial menor a 20 kW.

Código tarifa	Límites de consumo
<b>1001</b>	CONSUMO hasta 120 kWh/mes
<b>1301</b>	CONSUMO mayor a 120 kWh/mes hasta 500 kWh/mes
<b>1401</b>	CONSUMO mayor de 120 kWh/mes hasta 700 kWh/mes
<b>1501</b>	CONSUMO mayor de 120 kWh/mes hasta 1400 kWh/mes
<b>1601</b>	CONSUMO mayor de 120 kWh/mes y superior a 1400 kWh/mes

Tabla 3 – Tarifas EPE SF

Dentro de los límites asignados a cada código tarifario residencial, se propone para el cálculo utilizar una cantidad de energía equivalente al promedio, de modo de representar una situación familiar real.

Ejemplo:

tarifa	Ejemplo propuesto
<b>1301</b> (CONSUMO mayor a 120 kWh/mes hasta 500 kWh/mes)	CONSUMO 310 kWh/mes

Con respecto a la forma de efectuar este cálculo, debemos establecer los siguientes presupuestos:

- Se utilizarán los cuadros tarifarios vigentes en el último año, es decir desde Agosto de 2010 a la fecha, Julio de 2011, de la empresa distribuidora, la Empresa Provincial de la Energía, de Santa Fe, publicados en su correspondiente página web. Los mismos son de vigencia mensual, por lo que el cálculo se hará mes a mes, y han sufrido variaciones a lo largo del año, que responden a dos causas: estacionales e inflacionarias. Las variaciones son diferenciales para las distintas tarifas, y si bien no entraremos en un detallado análisis, si indicamos que estas variaciones se han tomado en cuenta a lo largo del año.
- Se incluyeron en el cálculo todos los cargos fijos, variables e impuestos que son de aplicación.

## CÁLCULO DE LOS AHORROS EN ENERGÍA ELÉCTRICA, EN PESOS Y AMORTIZACIÓN PARA LAS DISTINTAS CATEGORÍAS

Se efectuaron en una planilla de cálculo, todos los cálculos correspondientes para todas las tarifas, que incluyen los detalles necesarios. Se omite aquí su inclusión para favorecer la simplicidad del trabajo y facilitar la comprensión de sus resultados. La Tabla siguiente resume los cálculos para todas las categorías (tarifas), de los ejemplos propuestos.

Tarifa	1301(*)	1401(*)	1501	1601
<b>Kwh mensual (propuesto) sin colector</b>	310	600	1050	1800
<b>ahorro anual (Kwh)</b>	2946,41			
<b>ahorro anual (\$)</b>	1217.88	1561.50	1482.66	1752.35
<b>amortización de la inversión (años)</b>	5.50	4.29	4.52	3.82

Tabla 4 – resumen de los resultados obtenidos

En los casos indicados (\*), por la utilización del colector y el correspondiente ahorro energético, el usuario pasa en todos o al menos en algunos meses del año a revistar en la categoría tarifaria inferior, a un menor costo económico. Como puede observarse, la amortización se encuentra –aproximadamente- entre 4 y 5 años.

## OBSERVACIONES SOBRE EL PROCEDIMIENTO

En este punto es necesario agregar algunas observaciones sobre los supuestos y el procedimiento empleado:

- Es posible argumentar que el consumo de energía eléctrica calculado -9,33 kWh por día- aparece como excesivo. Puede decirse entonces que esta familia deberá replantear su uso energético, y de hecho con estos costos se verá obligada a hacerlo, reduciendo el uso de agua caliente, para reducir su consumo energético. Sin embargo lo que se trata de establecer en este cálculo es que esa familia no necesita renunciar a esa comodidad, que representa un gran costo energético, utilizando el colector, a un muy bajo costo económico. Por ello se ha establecido como presupuesto del cálculo este uso de agua estándar.

- Los ejemplos de consumo son de algún modo arbitrarios y sin embargo a la vez cubren un amplio rango de los consumos posibles de una familia, ya que son validados por los resultados obtenidos, donde la amortización de la instalación se mantiene en un promedio de alrededor de cuatro años para todos los casos.
- Se indican los resultados anuales, por varias razones. Una de ellas es que la amortización se ha estimado en *años*. Las otras razones son que, si bien la facturación de la EPE es bimestral, los cuadros tarifarios se actualizan mensualmente (ya sea que se incrementa el costo de la energía por la inflación, o varía por razones estacionales) y la estimación de la energía ahorrada por usar el colector también se ha calculado mes a mes, por ello se ha integrado el cálculo de todo el año.
- Se han encontrado varios casos en que un usuario, en algunos meses del año, por el ahorro que se logra con el colector solar, reduce su consumo hasta el nivel de cambiar de tarifa a una inferior. Esta información se revela en las planillas de cálculo empleadas, las cuales se han omitido aquí para lograr más claridad en la presentación. En esos casos, el usuario paga menos no sólo porque *compra menos kWh*, sino porque pasa a una tarifa inferior, con otro nivel de subsidios.

## CONCLUSIONES FINALES

Los resultados obtenidos permiten afirmar que una familia tipo que habite en la Provincia de Santa Fe, en una localidad que no tenga acceso al gas natural, puede mediante una inversión de alrededor de \$6700 -el costo de la instalación propuesta- lograr reemplazar en un gran porcentaje el uso de energía eléctrica para calentar agua de uso sanitario, reduciendo sus costos energéticos a un punto tal en que dicha inversión se amortizará en un promedio de cuatro años. Dado que un colector solar tiene una vida útil de unos 20 años (o más), puede entenderse claramente la conveniencia de la inversión que se propone. Luego de esos cuatro años, se dispondrá de unos 16 años de importante reducción del costo energético familiar.

Este cálculo -aún considerado como una aproximación- tiene sin embargo las mejores perspectivas de aplicación ya que no se espera que los costos energéticos disminuyan sino todo lo contrario, y las posibilidades de otro reemplazo energético -por gas natural, por ejemplo- no se visualizan como factibles, reconocidas la disminución en las reservas de gas natural del país y las crecientes importaciones que se vienen efectuando en los últimos años, y la falta de redes en la región.

Dado que nuestra matriz eléctrica de generación se basa en un altísimo porcentaje de gas, el costo de la energía eléctrica también tenderá a subir. Por ello, las posibilidades de una familia tipo serán cada vez más, reemplazar su uso, o renunciar al confort que ésta brinda. La alternativa que se propone aquí es -a todas luces- superadora.

## REFERENCIAS

Grossi Gallegos Hugo (2002) – Notas sobre radiación solar. Universidad Nacional de Luján, Departamento de Ciencias Básicas. ISBN: 987-9285-19-0.

Grossi Gallegos Hugo, Righini Raúl (2007). Atlas de energía solar de la República Argentina, SECYT, Universidad Nacional de Luján, ISBN: 978-987-9285-36-7.

Raichijk C., Grossi Gallegos H. y Righini R. (2008) “CARTAS PRELIMINARES DE IRRADIACIÓN DIRECTA PARA ARGENTINA” Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 12, 2008. ISSN 0329-5184

Secretaría de Energía (2008). Resolución SE 1417/2008

Salerno J., Bertinat P., Marino E., Pifferetti A., Giordani C. (2009)

“CÁLCULO DE LA AMORTIZACIÓN DE UN COLECTOR SOLAR PARA USO FAMILIAR EN EL MARCO DEL NUEVO CUADRO TARIFARIO DEL GAS”

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGÍA DE SANTA FE - CUADROS TARIFARIOS MENSUALES

Entre Agosto 2010 y Julio de 2011 - [www.epe.santafe.gov.ar](http://www.epe.santafe.gov.ar)

IDAE (2006) Energía solar térmica, manuales de energías renovables, España

**ABSTRACT:** In this paper, based partly on previous developments, we calculate the conditions for investment and repayment of a solar collector to provide hot water for sanitary use by a family, considering the replacement of the same function made with electric heaters.

Since the calculation is intended to apply to a real case, we evaluate the conditions in the experiments carried out in Villa Ocampo, in northern Santa Fe.

Therefore the calculation is performed using the tariff of the Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe and climate conditions and irradiation in the region.

It states that, under the given conditions, solar water heater amortization is about four years.

Keywords: Solar collector, electric energy, saving, amortization